

3. Болотов А.Г., Беховых Ю.В., Макарычев С.В. Электронный измеритель температуры почвы // Проблемы природопользования на Алтае: сб. науч. тр. АГАУ. – Барнаул, 2001. – С. 87-91.

4. Рассыпнов В.А. Сборник задач и упражнений по методике опытного дела. – Барнаул, 1987. – 61 с.

5. Бурлакова Л.М. Применение информационно-логического анализа в агрономии // Современные методы исследований в агрономии: сб. науч. тр. АГАУ. – Барнаул, 1990. – С. 18-24.

6. Макарычев С.В. Приемы и методы управления теплофизическим состоянием почв в условиях Алтайского края // Почвенно-агрономические проблемы Западной Сибири: сб. науч. тр. АГАУ. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2000. – С. 34-35.

7. Макарычев С.В. Коэффициенты переноса и аккумуляции тепла лесовых почв Алтая // Тез. докл. 11 съезда общества почвоведов. – М., 1996. – Кн. 1. – С. 92-93.

References

1. Makarychev S.V. Termicheskii rezhim vyshchelochennogo chernozema Altaiskogo Priob'ya v zavisimosti ot kharaktera agrotsenoza // Vodno-pishchevoi rezhim pochv i ego regu-

lirovanie pri vozdeleyvanii sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Altaiskom krae: sb. nauch. tr. ASKhl. – Barnaul, 1981. – S. 24-32.

2. Makarychev S.V., Mazirov M.A. Teplofizika pochv: metody i svoistva. – Suzdal', 1996. – 231 s.

3. Bolotov A.G., Bekhovykh Yu.V., Makarychev S.V. Elektronnyi izmeritel' temperatury pochvy // Problemy prirodopol'zovaniya na Altae: sb. nauch. tr. AGAU. – Barnaul, 2001. – S. 87-91.

4. Rassypnov V.A. Sbornik zadach i uprazhnenii po metodike opytnogo dela. – Barnaul, 1987. – 61 s.

5. Burlakova L.M. Primenenie informatsionno-logicheskogo analiza v agronomii // Sovremennyye metody issledovaniy v agronomii: sb. nauch. tr. AGAU. – Barnaul, 1990. – S. 18-24.

6. Makarychev S.V. Priemy i metody upravleniya teplofizicheskim sostoyaniem pochv v usloviyakh Altaiskogo kraya // Pochvenno-agronomicheskie problemy Zapadnoi Sibiri: sb. nauch. tr. AGAU. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2000. – S. 34-35.

7. Makarychev S.V. Koeffitsienty perenosa i akkumulyatsii tepla lessovykh pochv Altaya // Tез. dokl. 11 s"ezda obshchestva pochvovedov. – М., 1996. – Кн. 1. – С. 92-93.



УДК 631.432+550.837.3:550.822.5

Ч.Г. Гюлалыев  
Ch.G. Gulaliyev



**ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ  
НА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ ПОЧВ**

**THE EFFECT OF MOISTURE CONTENT AND SPECIFIC SURFACE  
ON SOIL THERMAL DIFFUSIVITY**

**Ключевые слова:** температуропроводность, сад, почв, влажность, генетический горизонт, климат, температура, удельная поверхность, теплопередача, гидрофизика, гумус.

Для решения проблемы запасов тепловой энергии и правильной обработки почвы требуется всестороннее изучение факторов, влияющих на почвенную теплоту. Как известно, каждый почвенный тип имеет свой тепловой режим, то есть имеет свою суточную теплоаккумуляцию, зависящую от цвета, гранулометрического, минералогического составов, плотности, пористости, степени увлажнения и т.д. Изучение тепловой характеристики почвы, имеющее научное и прикладное значение, дает возможность рационально использовать почвы. Недостаточная изученность таких тепловых свойств, как температуропроводность почв нашей республики ограничивает диа-

гностику почвенных условий и разработку мероприятий правильной обработки почвы и проектирование тепломелиоративных работ. Представлено изучение влияния влажности и удельной поверхности на температуропроводность почв. Коэффициент температуропроводности, то есть скорость передачи температуры в почве, определяли по методу регулярного режима Г.М. Кондратьева. Для установления величины удельной поверхности почв использовали данные, содержащиеся в работе Мичурина, Лытаева, где удельная поверхность определяли с помощью метода М. Кутилека. Исследования проводились в юго-восточной части Большого, Малого Кавказа и в южной части полосы предгорий и невысоких гор Ленкоранской области Азербайджана на горнолуговых черноземовидных, горно-черноземовидных, горно-лесных желтоземных, желтоземно-глеевых, горно-лесно-бурых, горно-коричневых,

серо-коричневых, лугово-болотных почвах. Результаты экспериментальных исследований показывают, что почва является довольно чувствительной к почвенной влажности, так как от воздушно-сухого состояния до величины максимальной гигроскопичности температуропроводность резко возрастает, затем темп роста температуропроводности замедляется и в дальнейшем с увеличением влажности температуропроводность уменьшается. В результате многочисленных исследований также было выявлено, что с возрастанием удельной поверхности почв уменьшается температуропроводность.

**Key words:** *thermal diffusivity, garden, soil moisture content, genetic horizon, climate, temperature, specific surface, heat transfer, hydrophysics, humus.*

To solve the problem of thermal energy reserves and appropriate tillage, a comprehensive study of the factors affecting soil thermal regime is required. It is known that each soil type has its own thermal regime, i.e. daily heat accumulation depending on the color, particle-size distribution, mineralogical composition, density, porosity, moistening degree, etc. The study of soil thermal characteristics is of scientific and practical importance and enables efficient use of soils. Insufficient knowledge of soil ther-

mal properties including thermal diffusivity in our Republic restricts forecasting soil conditions, developing proper tillage techniques and heat melioration measures. This study deals with the effect of moisture and specific surface on soil thermal diffusivity. Thermal diffusivity coefficient, i.e. the rate of temperature transfer in the soil was determined by the regular regime method (G.M. Kondratyev); the specific soil surface was determined by using the data of Michurin and Lytayev who determined the specific surface by the method of M. Kutilek. The studies were conducted in the south-eastern part of the Greater and Lesser Caucasus and in the southern part of the foothills and low mountains of the Lankaran region of Azerbaijan on the following soils: mountain-meadow chernozem-like soil, mountain chernozem-like soil, mountain-forest yellow soil, yellow-gley soil, mountain forest brown soil, mountain brown soil, gray-brown soil and meadow-boggy soil. The experimental results show that the soil is quite sensitive to soil moisture because thermal diffusivity increases dramatically from the air-dry state to the maximum hygroscopic moisture, then thermal diffusivity growth rate slows down, and at certain moisture it reaches the maximum value; further on with increasing moisture thermal diffusivity decreases. It is also found that thermal diffusivity decreases with increasing specific soil surface.

**Гюлалиев Чингиз Гюлали оглы**, к.с.-х.н., доцент, руководитель географического стационара, Институт географии НАНА им. акад. Г.А. Алиева, г. Баку, Азербайджанская республика. Тел.: (+99450) 3883715. E-mail: gulaliyev\_ch@yahoo.com.

**Gulaliyev Chingiz Gulaly oglu**, Cand. Agr. Sci., Head of Geographic Station, Geography Institute of Natl. Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan. Ph.: (+99450) 3883715. E-mail: gulaliyev\_ch@yahoo.com.

### Введение

В нашу эру, когда производится обильное количество различных видов удобрений, плодородие почв чаще лимитируется агрофизическими факторами, такими как неблагоприятные водно-воздушный и тепловой режимы. Поэтому работы, направленные на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, должны проводиться с учетом всех основных физических свойств почв, к которым относятся теплофизические, гидрофизические свойства и удельная поверхность почв. Изучение тепловых и гидрофизических свойств почв, имеющих научное и прикладное значение, дает возможность рационально использовать почву, правильно районировать сельскохозяйственные культуры [1-4]. Недостаточная изученность тепловых и гидрофизических свойств почв всегда ограничивает диагностику почвенных условий и разработку мероприятий по совершенствованию методов правильной обработки почв и проектирование различных тепломелиоративных работ [2].

В связи с этим в задачи исследований были включены экспериментальные и теоретические вопросы по влиянию влажности и удельной поверхности на температуропроводность почв.

### Объекты и методы исследований

Исследования проводились в юго-восточной части Большого, Малого Кавказа и в южной части полосы предгорий и невысоких гор Ленкоранской области Азербайджана на горно-луговых черноземовидных, горно-черноземовидных, горно-лесных желтоземных, желтоземно-глеевых, горно-лесно-бурых, горно-коричневых, серо-коричневых, лугово-болотных почвах [5].

Горно-луговые черноземовидные почвы преимущественно распространены на Большом и Малом Кавказе на высоте 1800-2100 м над уровнем моря. Горно-луговые черноземовидные почвы формируются в условиях промывного режима и остаточной коры выветривания элювий-известняков, известняковых песчаников и карбонатных солонцов. Климат этой зоны умеренно-теплый, влажный. Среднегодовая температура холодного месяца держится ниже нуля.

Горно-черноземовидные почвы распространены в среднегорной полосе на выровненных склонах различной экспозиции. Среднегодовая температура воздуха здесь составляет 6-10°C, годовая сумма осадков – 400-600 мм. В растительном покрове преобладают разные сельскохозяйственные куль-

туры и разнообразие трав степных фитоценозов.

Содержание гумуса в горных черноземах составляет 4-6%. По гранулометрическому составу они относятся к среднесуглинистым.

Горно-лесные желтоземные и желтоземно-глеевые почвы развиты в районах с влажным субтропическим климатом в условиях очень контрастного увлажнения. Почвообразующей породой служит желтоземная кора выветривания осадочных и реже изверженных пород. По гранулометрическому составу эти почвы являются тяжелосуглинистыми. Содержание гумуса меняется в пределах 3-7%. Среднегодовая температура составляет 14,4<sup>0</sup>С, годовая сумма осадков 1200-1700 мм.

Горно-лесные бурые почвы широко распространены в поясе горных лесов Азербайджана. Климат этой зоны умеренно-теплый, влажный. Среднегодовая температура холодного месяца (январь) держится ниже нуля в пределах (0...-2,6<sup>0</sup>С), теплого месяца – 11...19<sup>0</sup>С.

Горно-коричневые почвы в Азербайджане очень широко распространены и приурочены к нижнему поясу сухих лесов и кустарников. Климат пояса ксерофильных лесов и кустарников близок к показателям средиземноморского климата, для пояса характерны жаркое сухое лето, теплая осень и умеренная зима. Среднегодовая температура воздуха составляет 8,4-10,8<sup>0</sup>С, холодных месяцев – 0,2-3,4<sup>0</sup>С. Почва не промерзает, снеговой покров неустойчив. Среднегодовое количество осадков изменяется в пределах 350-600 мм, с большим преимущественным выпадением весной и осенью.

Серо-коричневые почвы наиболее широко распространены в сухих субтропических степях Азербайджана, значительная часть которых освоена под богарным (занята под сада-

ми, виноградниками, зерновыми и техническими культурами) и орошаемым земледелием. По гранулометрическому составу серо-коричневые почвы имеют состав от среднесуглинистого до легкосуглинистого. Содержание гумуса варьирует в пределах 2-5%.

Лугово-болотные почвы распространены в основном в пониженных элементах рельефа, где имеются условия высоко избыточного грунтового (0,5-0,8 м) увлажнения, местами временного подводкового почвообразования. В почвах биологические процессы происходят при оптимальных температурах. По гранулометрическому составу лугово-болотные почвы относятся к тяжелым.

Изученные почвы значительно различаются по гранулометрическому составу (табл.). Содержание физической глины варьирует в пределах 36,43-75,33%, то есть изменяется более чем в 2 раза. По емкости поглощения – от 30 до 60 мг/экв., по карбонатности – от 0 до 24-30%. Такие большие физико-химические различия являются существенным фактором, влияющим на температуропроводность почвы [5].

Характеристики влажности теплофизических коэффициентов изучались в интервале от гигроскопической влажности до предельно полевой влагоемкости через каждые 4%. Плотностные характеристики исследовались в пределах от 1,1 до 1,4 г/см<sup>3</sup> с шагом 0,1 г/см<sup>3</sup>. Коэффициент температуропроводности определялся методом регулярного режима. Теоретическое и практическое осуществление этого метода можно найти в трудах Г.М. Кондратьева и его последователей [4]. Удельная поверхность почв определена методом Кутилека по результатам гранулометрического анализа и геометрического подсчета [6].

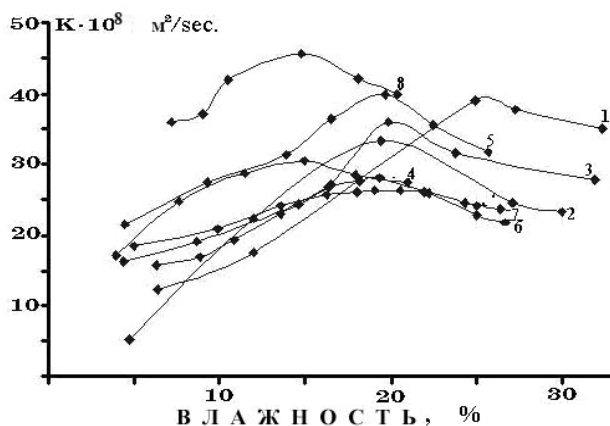
Таблица

*Гранулометрический состав пахотного слоя почв*

Название почвы	Содержание фракций, %; размер, мм						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Горно-луговые черноземовидные	0,22	9,33	24,18	15,11	26,09	25,43	66,63
Горно-черноземвидный	0,32	6,29	18,28	15,36	19,78	39,97	75,11
Горно-лесная-бурая	8,47	13,13	22,08	13,28	15,54	27,50	56,32
Горно-лесные желтоземные	6,8	12,96	26,40	16,25	22,71	15,88	53,84
Желтоземно-глеевых почв	6,9	15,20	23,18	12,50	20,10	22,12	54,72
Горно-коричневый	5,78	8,22	10,67	23,49	20,36	31,48	75,33
Серо-коричневые	5,38	18,32	39,87	1,46	21,43	13,54	36,43
Лугово-болотные	3,88	7,15	19,56	9,58	26,42	33,41	66,72

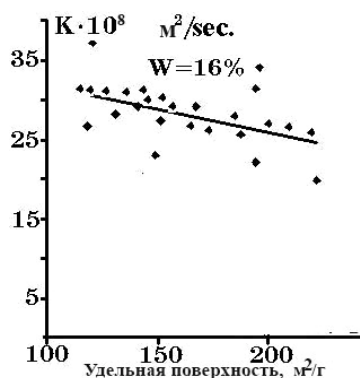
**Результаты и их обсуждение**

На рисунке 1 показана зависимость коэффициента температуропроводности от исходных влажностей верхних пахотных горизонтов исследованных почвенных разностей при одинаковых значениях плотности, равной  $1,3 \text{ г/см}^3$ . Коэффициент температуропроводности во всех случаях имеет свою характерную кривую, при различном значении исходной влажности достигает максимального значения.



**Рис. 1. Зависимость коэффициента температуропроводности почвы от влажности некоторых почв:**

- 1 – серо-коричневые; 2 – лугово-болотные;
- 3 – горно-черноземовидные;
- 4 – горно-лесно-бурые; 5 – горно-коричневые;
- 6 – горно-лесные желтоземные;
- 7 – желтоземно-глиевые почв;
- 8 – горно-луговые черноземовидные



**Рис. 2. Зависимость коэффициента температуропроводности почвы от удельной поверхности**

Анализируя влажностные кривые этих почвенных разностей, замечаем, что начиная примерно со значений исходных влажностей наблюдается увеличение численной величины коэффициента температуропроводности. Такой порядок в распределении величины коэффициента температуропроводности почв сохраняется вплоть до максимального значения. Эта влажность является критической, при

температуропроводность достигает максимального значения. Дальнейшее увеличение исходных влажностей вызывает спад величины коэффициента температуропроводности почвы. Интервал влажностей, при котором коэффициент температуропроводности достигает максимального значения, находится в пределах от 16 до 26% весовой влажности. При дальнейшем увеличении влажности коэффициент температуропроводности начинает уменьшаться. Если рассмотреть область влажностей, при которых температуропроводность достигает максимального значения, то можно увидеть, что ширина максимума также дифференцированно зависит от объемов исследования.

Как мы отметили, исследуемые почвы сильно дифференцированы по гранулометрическому составу (табл.). Этот агрономический ценный параметр возрастает прямо пропорционально степени раздробленности или дисперсности почвы [7]. Как известно, с увеличением дисперсности увеличивается и поверхностная энергии вещества, определяющая такие явления, как поглощение минеральных зольных элементов, паров, газов, перемещение воды и воздуха, а также ряд других физических и технологических свойств почвы. Естественно, от степени дисперсности почвы зависят ее водные, воздушные, тепловые и физико-механические свойства.

Поэтому в качестве рабочей гипотезы есть достаточное основание считать, что температуропроводность почвы при прочих равных условиях зависит от ее удельной поверхности, характеризующей дисперсность твердой фазы. Исследования термических характеристик почв, проводимые нами, показывают, что имеется связь между коэффициентом температуропроводности и удельной поверхностью почвы. На основе полученного экспериментального материала, используя литературные данные [1, 8], построены зависимости коэффициентов температуропроводности  $K$  от удельной поверхности почв (рис. 2). Можно увидеть, что зависимости  $K(S_0)$  имеют линейный характер. С возрастанием удельной поверхности почвы уменьшаются ее термические характеристики. Отсюда видно, что при увеличении удельной поверхности повышается водоудерживающая способность почвы, сокращаются размеры радиусов почвенных пор, что в сильной степени уменьшает свободное перемещение воды и является причиной осложнения процессов теплопередачи в почвах с ростом ее удельной поверхности.

**Заключение**

Полученные результаты позволяют решать и обратные задачи, то есть, зная температуропроводность, можно определять ее удельную поверхность.

Все это дает нам право сделать заключение, что теплофизические характеристики являются довольно чувствительными к почвенным разностям и должны быть учтены при составлении соответствующих почвенно-мелиоративных проектов.

**Библиографический список**

1. Герайзаде А.П. Термо- и влагоперенос в почвенных системах. – Баку: Элм, 1982. – 136 с.
2. Гефке И.В., Болотов А.Г., Бондаренко С.Ю. Моделирование температуропроводности черноземов выщелоченных в условиях сада // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2012. – № 11 (97). – С. 27-29.
3. Макарычев С.В., Зайкова Н.И. Режим тепла и влаги орошаемого чернозема при возделывании столовой свёклы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2013. – № 12 (110). – С. 32-36.
4. Макарычев С.В., Бицошвили И.А., Лебедева Л.В. Теплофизическая характеристика генетических горизонтов черноземов выщелоченных (на примере производственного участка НИИСС им. М.А. Лисавенко) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6 (116). – С. 61-66.
5. Морфогенетические профили почв Азербайджана. – Баку: Элм, 2004. – 202 с.
6. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим. – М.: Гостехиздат, 1954. – 408 с.
7. Мичурин Б.Н., Лытаев И.А. Вододерживающая способность дисперсных систем // Сб. трудов по агроном. физике. – 1967. – Вып. 14. – С. 55-67.
8. Гюлалыев Ч.Г. Определение температуропроводности почв с различной влажностью по данным экспериментальных измере-

ний // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 5 (67). – С. 31-35.

**References**

1. Geraizade A.P. Termo- i vlagoperenos v pochvennykh sistemakh. – Baku: Elm, 1982. – 136 s.
2. Gefke I.V., Bolotov A.G., Bondarenko S.Yu. Modelirovanie temperaturoprovodnosti chernozemov vyshchelochennykh v usloviyakh sada // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 11 (97). – S. 27-29.
3. Makarychev S.V., Zaikova N.I. Rezhim tepla i vlagi oroshaemogo chernozema pri vzdelyvanii stolovoi svekly // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 12 (110). – S. 32-36.
4. Makarychev S.V., Bitsoshvili I.A., Lebedeva L.V. Teplofizicheskaya kharakteristika geneticheskikh gorizontov chernozemov vyshchelochennykh (na primere proizvodstvennogo uchastka NIISS im. M.A. Lisavenko) // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 6 (116). – S. 61-66.
5. Morfogeneticheskie profili pochv Azerbaidzhana. – Baku: Elm, 2004. – 202 s.
6. Kondrat'ev G.M. Regulyarnyi teplovoi rezhim. – M.: Gostekhizdat, 1954. – 408 s.
7. Michurin B.N., Lytaev I.A. Vodoudерживayushchaya sposobnost' dispersnykh sistem // Sb. trudov po agronom. Fizike. – 1967. – Vyp. 14. – S. 55-67.
8. Gyulalyev Ch.G. Opredelenie temperaturoprovodnosti pochv s razlichnoi vlazhnost'yu po dannym eksperimental'nykh izmerenii // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 5 (67). – S. 31-35.

